Verlag Schnelle
Eberhard und Wolfgang Schnelle GmbH & Co
2085 Quickborn bei Hamburg
Postscheckkonto Hmb 103676. Global Bank Hamburg 25011
Druck: S. Maurischat & A. Bevensee, Quickborn. Printed in Germany.

BRIGITTE FRANK

GRUNDLAGENSTUDIEN
AUS
KYBERNETIK
UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 6 HEFT 2 JUNI 1965
Kurztitel: GrKG 6(2) Schnelle, 2085 Quickborn/Germany

Herausgeber
MAX BENSE, Stuttgart, GERHARD EICHHORN †, HARDI FISCHER, Zürich
HELMAR FRANK, Waiblingen/Berlin, GOTTHARD GÜNTHER, Champaign/Urbana (Illinois)
RUL GUNZENHÄUSER, Esslingen/Stuttgart, ABRAHAM A. MOLES, Paris
PETER MÜLLER, Karlsruhe, FELIX VON CUBE, Berlin, ELISABETH WALTHER, Stuttgart

Schriftleiter Prof. Dr. Helmar Frank

INHALT

VERLAG SCHNELLE, QUICKBORN BEI HAMBURG

Neuerdings vollzieht sich eine immer stärker werdende Annäherung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft als Auswirkung methodologischer Bestrebungen, für die sich das Wort Kybernetik eingebürgert hat. Die Einführung statistischer und speziell informationstheoretischer Begriffe in die Ästhetik, die invariantentheoretische Behandlung des Gestaltbegriffs und die Tendenzen, zwischen der Informationsverarbeitung in Maschine und Nervensystem Isomorphismen nachzuweisen, sind nur drei Symptome dafür.
Die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft sollen der raschen Publikation neuer Resultate dienen, welche diese Entwicklung zu fördern geeignet sind. Veröffentlicht werden vor allem grundlegende Ergebnisse, sowohl mathematischer, psychologischer, physiologischer und in Einzelfällen physikalischer als auch philosophischer und geisteswissenschaftlicher Art. Nur in Ausnahmefällen werden dagegen Beiträge über komplexere Fragen der Nachrichtentechnik, über Schaltungen von sehr spezieller Bedeutung, über Kunst und literaturgeschichtliche Probleme etc. angenommen. In geringer Zahl werden Buchbesprechungen veröffentlicht. (GrKG 1, 1960, S. 1)

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je 32 bis 48 Seiten.
Beiheft: Im Jahr erscheint für Abonnenten ein Beiheft.
Preis: DM 4,80 je Heft und Beiheft. Für Angehörige von Lehranstalten 2,88 DM.
Im Abonnement Zustellung und Jahreseinbanddeckel kostenlos. Bezug durch Buchhandel oder Verlag.
Manuskriptsendungen: an Schriftleitung gemäß unserer Richtlinien auf der dritten Umschlagseite.

Schriftleitung

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Les sciences naturelles et les sciences humaines se rapprochent de plus en plus; ce rapprochement est une conséquence des tendances métodologiques appelées cybernetique. L'introduction en esthétique de termes statistiques et surtout de termes de la théorie de l'information, le fait de considérer mathématiquement la notion de Gestalt comme une invariante, et les tendances à chercher des isomorphismes entre la transformation de l'information par les machines et par le système nerveux sont seulement trois exemples du dit rapprochement.
Les «Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft» ont pour but de publier rapidement des résultats nouveaux capables de contribuer à ce dévéloppement. Surtout des résultats fondamentaux (soit de caractère mathématique, psychologique, physiologique et quelquefois physique — soit de caractère philosophique ou appartenant aux sciences humaines) sont publiés. Par contre des travaux concernant soit des questions assez complexes de la théorie de communication et télécommunication, soit des reseaux éléctriques ayant des buts trop spéciaux, soit des problèmes de l'histoire de l'art et de la litérature etc. ne sont acceptés qu'exceptionnellement aussi que les comptes rendus de nouveaux livres. (GrKG, T. 1, 1960, p. 1.)

Il paraissent 4 numéros de 32 à 48 pages par an et un numéro spécial, pour les abonnés. Prix: DM 4.80 le numéro (et le numéro spezial); pour membres des universités et écoles DM 2.88. L'envoi et la couverture du tome complèt (à la fin de chaque année) est gratis pour les abonnés.
Les GrKG sont vendus en librairie ou envoyés par les Editeurs Schnelle
Les manuscrits doivent être envoyés au rédacteur en chef. Quant à la forme voir les remarques à la page 3 de cette couverture.

Rédacteur en chef

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Natural and cultural sciences are in train to come together closer and closer as a consequence of methodologica- tendencies called cybernetics. The introduction of terms of statistics and specially of information theory into the terminology of esthetics, the interpretation of 'Gestalten' as mathematical invariants, and the search for isomorphisms by comparing information handling in computers and the brain are only three symptoms of the process mentioned above.
The Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft would like to cultivate this tendencies by rapid publication of new results related to cybernetics, especially results of basic interest, no matter whether belonging to the field of mathematics, psychology, physiology and sometimes even of physics, or rather to the fields of philosophy and cultural sciences. But papers which concern complex technical problems of transmission and processing of information, or electrical networks with very limited purpose, or the history of art and literature, are accepted only exceptionally. There will also be few recensions of books. (GrKG, 1, 1960, p. 1)

GrKG are published in 4 numbers each year, with 32–48 pages per number. A special number is edited each year for the subscribers.
Price: DM 4.80 per number (and spezical number). For members of universities and schools DM 2.88. Mailing and cover of the volume (to be delivered together with the last number each year) is free for subscribers. The GrKG may be received by booksellers or directly by the publisher.
Papers should be sent to the editors. For the form of manuscript see page 3 of this cover.

Editor

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

ZUR FORMALISIERUNG VON LERNBEGRIFFEN (II)

von Karl Eckel, Altenstadt

Vorbemerkung

Motiviert ist die Aufstellung des in diesem und einem früheren Beitrag (Eckel 1964) angegebenen Begriffssystems durch folgende An- und Absichten:

(1) Es gibt erfolgreiches programmiertes Lernen.
(2) Es wird oft behauptet, daß ein Lehrprogramm "Erfolg" garantiere, daß der Lernerfolg exakt meßbar sei oder daß man den Lernerfolg voraussagen könne.
(3) Die Behauptungen (2) werden aufgestellt, obwohl ein ausreichend bestimmter Erfolgsbegriff nicht existiert.
(4) Die aus (1) und (2) resultierende Situation ist einer der wesentlichen Gründe dafür, daß die (nötige) Auseinandersetzung zwischen Gegnern und Anhängern des Programmierten Unterrichts meist unfruchtbar ist, daß die Forschung zum programmierten Lernen stagniert (Klaus 1964) und die Entwicklung von Lehrprogrammen "richtungslos" erfolgt.
(5) Das oben erwähnte und im folgenden vorzutragende Begriffssystem soll einen Beitrag zur Beseitigung dieses unerfreulichen Zustands leisten.

§ 1 Referat

Im ersten Teil dieser Arbeit (Eckel 1964) wurde mit Hilfe eines Repertoires von r Testfragen f_1 bis f_r und den zu f_i $(i = 1, 2, \dots, r)$ gehörenden Antwortrepertoires - bestehend aus x_i und $\bar{x}_i$ - der Lernzustand z (in früherer Bezeichnung: X) eines Lernenden definiert. Die individuellen Lernzustände z_k $(k = 1, 2, 3, \dots, n;$ $n = 2^r)$ bilden ein vollständiges System (von r-dimensionalen Elementarereignissen) derart, daß jeder getestete Schüler sich in genau einem dieser Zustände befindet. Jedem z_k wird durch Testung eines Schülerkollektivs K eine Häufigkeit h_k zugeordnet. Die Gesamtheit der h_k bildet eine Häufigkeitsverteilung (Spaltenvektor):

$$\mathfrak{h} = \begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ h_n \end{pmatrix}$$

Der gleiche Test liefere zum Zeitpunkt t_0 - zu Beginn des Lernens nach dem Programm P - die Verteilung $\mathfrak{h}(t_0)$ und zum Zeitpunkt t die Verteilung $\mathfrak{h}(t)$.

Außerdem erhalten wir mit Hilfe dieser (gleichen) Tests eine Matrix $\{w_{lk}\}$ derart (in Teil I wurde anstatt "w" "P" verwendet), daß

$$h_l(t) = \sum_{k=1}^{n} w_{lk}(t - t_0) \cdot h_k(t_0); \quad (l = 1, 2, 3, \ldots, n),$$

ist.

§ 2 Lernwirkung

Im folgenden setzen wir voraus, daß w_{lk}, $h(t)$ und $h(t_0)$ sich mit wachsendem N (Anzahl der nach dem Programm lernenden Schüler) sich immer weniger ändern. Wir fordern:

$$\lim_{N\to\infty} h_k(t_0) = p_k(t_0); \quad \lim_{N\to\infty} h_l(t) = p_l(t); \quad \lim_{N\to\infty} w_{lk}(t-t_0) = W_{lk}(t-t_0).$$

$\{W_{lk}\}$ ist die Matrix der bedingten Wahrscheinlichkeiten, die die Wahrscheinlichkeitsverteilungen $p_k(t_0)$ und $p_l(t)$ miteinander verbindet:

(1) $$p_l(t) = \sum_{k=1}^{n} W_{lk}(t-t_0)\, p_k(t_0), \text{ also } \mathfrak{p}(t) = W \cdot \mathfrak{p}(t_0).$$

Für die Praxis bedeutet das, daß wir z. B. anstatt "w" erst dann "W" schreiben dürfen, wenn sich w bei Vergrößerung von N nur noch innerhalb der Fehlergrenzen der Untersuchung nähert.

Wir interpretieren W - seine Existenz vorausgesetzt - als die mit Hilfe des Tests T gemessene Wirkung des Programms P auf das Kollektiv K.

An anderer Stelle (Eckel 1965 a und b) wurde W als "Lernerfolg" bezeichnet. Das ist unzweckmäßig, weil W in unserem Begriffssystem verteilungsunabhängig ist. Das bedeutet, daß zwei (äquivalente) Kollektive, die sich (nur) hinsichtlich $p_k(t_0)$ und $p_l(t)$ erheblich unterscheiden, bei gleichem T und P zu gleichem W führen: Trotz verschiedener "Vorkenntnisse" und erreichter "Lernziele" ist die Lernwirkung die gleiche; sie wird durch das Tripel (K;P;T) determiniert. Es würde dem Sprachgebrauch zuwiderlaufen, diese verteilungsinvariante Größe als "Lernerfolg" zu bezeichnen. - Außerdem soll letzterer Begriff als skalare Größe eingeführt werden. Mit Hilfe einer in Abhängigkeit von (K;P;T) festzusetzenden Bewertungsmatrix $\{B_{lk}\}$ definieren wir die mittlere Bewertung $\bar{B}$ von (K;P;T) durch

$$\bar{B} = \sum_{l=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} W_{lk} B_{lk}$$

B_{lk} beschreibt den Übergang $z_k \to z_l$. Man wird im allgemeinen für

(1) $l = k$ $\quad B_{kk} = 0$

und bei geeigneter Anordnung der z_i für

(2) $l > k \qquad B_{lk} > 0,$

(3) $l < k \qquad B_{lk} < 0$

festlegen. Im Falle (1) wurde weder etwas hinzugelernt noch ging etwas verloren. Bei (2) wurde hinzugelernt; bei (3) wurde vergessen oder Verwirrung angestiftet u.ä. (Oft wird es sich jedoch bloß so einrichten lassen, daß für $l > k$ $B_{lk} \geq 0$ und für $l < k$ $B_{lk} \leq 0$.)

§ 3 Lernerfolg

Wir definieren zuerst die (Lern-) Erfolgsverteilung e_i:

$$e_i = p_i(t) - p_i(t_0). \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

Mit Hilfe von (1) Seite 2 folgt:

(4)
$$e_i = (W_{ik} - \delta_{ik}) p_k(t_0), \qquad \delta_{ik} = \begin{cases} 1 & i=k \\ 0 & i \neq k \end{cases}$$
$$= W^*_{ik} p_k(t_o).$$

Wenn W_{ik} bekannt ist, kann also zu jedem $p_k(t_0)$ die zugehörige Erfolgsverteilung bestimmt werden. (Natürlich nur innerhalb des Systems (P;K;T)!) Die Erfolgsverteilung setzt sich also aus zwei Faktoren zusammen:

Erstens aus der das Lehr-Lern-System (P;K;T) charakterisierenden konstanten Wirkung W und zweitens aus der den jeweiligen kollektiven Anfangszustand charakterisierenden Verteilung $p_k(t_o)$.

Mit Hilfe der Bewertungsverteilung b'_i definieren wir den unnormierten Lernerfolg E' wie folgt:

$$E' = \sum_{i=1}^{n} e_i \, b'_i \qquad b'_i > 0.$$

Mittels Division durch $\sum_{i=1}^{n} b'_i$ erhalten wir den normierten Lernerfolg E

$$E = \sum_{i=1}^{n} e_i \, b_i, \qquad b_i = \frac{b'_i}{\sum_{i=1}^{n} b'_i} \quad .$$

Wegen

$$-1 \leq p_i(t) - p_i(t_0) \leq +1$$

und

$$b_i > 0$$

folgt

$$-1 \leq E \leq +1.$$

In Abhängigkeit von W^* ergibt sich E zu (mit Hilfe von (4), S. 3):

$$E = W^*_{ik} \; p_k(t_0) \; b_i.$$

Im Falle der praktischen Anwendung sind

1. die Zustände z_i gegeben,
2. werden hierzu die b_i definiert,
3. folgt aus dem Anfangstest $p_k(t_0)$ und
4. muß die W-Matrix gegeben sein.

Bei der Berechnung von E geht man dann am besten so vor, daß man mit Hilfe von W-Matrix und Anfangsverteilung die Endverteilung (p(t)), dann e_i und schließlich mit den b_i zusammen E ermittelt. Betrachten wir dazu ein Beispiel T bestehe aus f_1 und f_2, zu denen es je zwei Antworten gebe. Wir erhalten dann die Zustände $z_1 = \bar{x}_1\bar{x}_2$, $z_2 = x_1\bar{x}_2$, $z_3 = \bar{x}_1 x_2$ und $z_4 = x_1 x_2$. Die Bewertung sei folgendermaßen vereinbart:

$b'_1 = 1$, $b'_2 = 2$, $b'_3 = 2$ und $b'_4 = 4$. Die Anfangsverteilung: $p_1 = 10\ \%$, $p_2 = 80\ \%$, $p_3 = 2\ \%$, $p_4 = 8\ \%$. Die Matrix W sei gegeben durch:

$$W = \begin{pmatrix} 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0,6 & 0,025 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,05 \\ 0,3 & 0,975 & 0,5 & 0,95 \end{pmatrix}.$$

Aus $p(t_0)$ und W ergibt sich:

$$p(t) = \begin{pmatrix} 1\ \% \\ 8\ \% \\ 1,4\ \% \\ 89,6\ \% \end{pmatrix}.$$

Für E′ erhalten wir:

$$E' = (1\%-10\%) \cdot 1 + (8\%-80\%) \cdot 2 + (1,4\%-2\%) \cdot 2 + (89,6\%-8\%) \cdot 4 = 172,2\%.$$

$$E = E' : 9 = 19,1\ \% = 0,191\ .$$

§ 4 Verallgemeinerung des "Individualzustands"

Im Teil I gab es zu einer Testfrage f_i ($i = 1,2,3,\dots,r$) genau zwei mögliche Antworten x_i und $\bar{x}_i$. Auswahlantwortfragen und insbesondere Freiantwort-Fragen haben jedoch meist ein größeres Antwort-Repertoire.

Zu f_i gebe es genau m_i mögliche Antworten $x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,m_i}$.

Insgesamt erhalten wir dann

$$n = \prod_{1}^{r} m_i$$

Individualzustände - r-dimensionale Elementarereignisse - der Form

$$z_i = x_{1,j_1} x_{2,j_2} \dots x_{r,j_r} ; \; 1 \leq j_v \leq m_v \quad (v = 1,2,\dots,r) .$$

Der Index "i" ist eine Funktion der j_v:

$$i = i(j_1, j_2, \dots, j_r) .$$

Die Reihenfolge der z_i kann folgendermaßen festgelegt werden:

z_i steht vor (nicht: unmittelbar vor) $z_{i'}$, wenn

$$j_r < j'_r \text{ oder } j_r = j'_r , \; j_{r-1} < j'_{r-1} \text{ oder} \dots \text{oder } j_r = j'_r, \; j_{r-1} = j'_{r-1}, \dots, j_{r-v} = j'_{r-v}, \; j_{r-v-1} < j'_{r-v-1}; \; -1 \leq v \leq r-2.$$

§ 5 Zur Numerierung der Individualzutände im Fall $m_i = 2$

Im Fall $m_i = 2$ kann z_i folgendermaßen dargestellt werden:

$$z_i = x_{j_1} x_{j_2} \dots x_{j_s} \bar{x}_{j_{s+1}} \bar{x}_{j_{s+2}} \dots \bar{x}_{j_r} ,$$

wobei

$$j_v \geq v \quad (v = 1,2,3,\dots,r)$$

und

$$1 \leq j_1 < j_2 < \dots < j_s \leq r .$$

Der Zustandsindex i wird durch $j_1, \ldots, j_s$ vollständig bestimmt:

$$i = i(j_1, j_2, \ldots, j_s).$$

Bezüglich der Reihenfolge der Zustände vereinbaren wir zuerst die Reihenfolge bestimmter Zustandsgruppen. Zuerst kommen bzw. kommt der Zustand mit 0 richtigen Antworten; dann die Zustände mit einer richtigen Antwort; dann die Zustände mit 2 richtigen Antworten usw. --- Innerhalb dieser Gruppen ordnen wir lexikographisch. In der 3. Gruppe kommt z.B. $x_1 x_2 \ldots$ vor $x_1 x_3 \ldots$ usw. Aufgrund dieser Festsetzung erhält man:

$$i(1,2,3, \ldots, s-1, s) = \sum_{v=0}^{s-1} \binom{r}{v}$$

$$i(1,2, \ldots, s-1, j_s) = \sum_{v=0}^{s-1} \binom{r}{v} + (j_s - s)$$

$$i(1,2,\ldots,s-2, j_{s-1}, j_s) = \sum_{v=0}^{s-1} \binom{r}{v} + (j_s - s) + (j_{s-1} - (s-1))(r-s) - \frac{1}{2}(j_{s-1} - s)(j_{s-1} - (s-1)).$$

$i(j_1, \ldots, j_s)$ ist in j_v vom Grad $(s+1-v)$.

§ 6 Reduzierte W-Matrix

Da man bereits bei 10 binären Testfragen etwa 1 Million - $(2^{10})^2$ - Matrixelemente bekommt, wird man *versuchen*, mit weniger Individualzuständen auszukommen. Man erhält reduzierte Matrizen, wenn man (wenigstens teilweise) *zusammengesetzte* Ereignisse benutzt.

Bei Zusammensetzung der Zustände z_u und z_v zu Z_k

$$Z_k = z_u + z_v$$

und z_i und z_j zu Z_l

$$Z_l = z_i + z_j$$

erhalten wir anstelle der 4 Matrixelemente W_{iu}, W_{iv}, W_{ju} und W_{jv} (nur) *ein* Element W_{lk}.

$$W_{lk} = \frac{W_{iu}\, p_u + W_{iv}\, p_v}{p_u + p_v} + \frac{W_{ju}\, p_u + W_{jv}\, p_v}{p_u + p_v}$$

$$= \frac{1}{p_u + p_v} \left\{ p_u \,(W_{iu} + W_{ju}) + p_v \,(W_{jv} + W_{iv}) \right\}$$

	$\ldots p_u \ldots p_v \ldots$ $\ldots z_u \ldots z_v \ldots$
$\vdots$	$\vdots \quad \vdots$
z_i	$\ldots W_{iu} \ldots W_{iv} \ldots$
$\vdots$	$\vdots \quad \vdots$
z_j	$\ldots W_{ju} \ldots W_{jv} \ldots$
$\vdots$	$\vdots \quad \vdots$

Reduktion $\longrightarrow$

	$\ldots z_u + z_v = Z_k \ldots$
$\vdots$	$\vdots$
$z_i + z_j = Z_l$	$\ldots \quad W_{lk} \quad \ldots$
$\vdots$	$\vdots$

Allgemeiner erhalten wir: aus Z_k und Z_l :

$$Z_k = z_{u_1} + z_{u_2} + \ldots + z_{u_s}$$

und

$$Z_l = z_{v_1} + z_{v_2} + \ldots + z_{v_{s'}} :$$

$$W_{lk} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{s} p_{u_i}} \sum_{i=1}^{s} \sum_{j=1}^{s'} W_{v_j u_i}\, p_{u_i} .$$

Eine spezielle reduzierte Matrix

Der Verfasser eines Programms geht wohl davon aus, daß bestimmte (Lern-)Voraussetzungen gegeben sind. Etwa so, daß die Schüler bestimmte Testfragen $f_1, \ldots, f_s$ richtig, andere: $f_{s+1}, \ldots, f_r$ nicht richtig beantworten können. Weiter will der Programmierer (oder das Programmierteam) ein bestimmtes Lernziel erreichen. Wir nehmen hier an, daß es sich bei letzterem um die richtige Beantwortung von f_{s+1} bis f_r (und natürlich auch um das Noch-Beantworten-können von f_1 bis f_s) handelt.

Da wir uns auf binäre Testfragen beschränken, werden die Lernvoraussetzungen durch das Elementarereignis z_V (V: Voraussetzung)

$$z_V = x_1 \ldots x_s \bar{x}_{s+1} \ldots \bar{x}_r$$

und das Lernziel durch z_Z (Z: Lernziel)

$$z_Z = x_1 \ldots x_r$$

beschrieben. --- "Weniger als z_V wissen" die Schüler, die sich in dem (zusammengesetzten) Zustand

$$\ulcorner\overline{z_V} = A . \bar{x}_{s+1} \ldots \bar{x}_r$$

befinden. A ist die Summe aller gemäß f_1 bis f_s bildbaren Elementarereignisse außer $x_1 \ldots x_s$. (Das sind insgesamt $2^s - 1$ Zustände.) "Mehr als z_V wissen" die Schüler, die sich in dem zusammengesetzten Zustand

$$\overline{z_V}\urcorner = x_1 \ldots x_s . B$$

befinden. B ist die Summe aller aufgrund von f_{s+1} bis f_r herstellbaren Elementarereignisse außer $\bar{x}_{s+1} \ldots \bar{x}_r$ ($2^{r-s} - 1$ Zustände).

Schließlich sind in $\ulcorner\overline{z_V}\urcorner$ die Schüler, die einerseits mehr, andererseits weniger "wissen", als das, was vorausgesetzt war:

$$\ulcorner\overline{z_V}\urcorner = A . B$$

AB enthält $(2^s - 1)(2^{r-s} - 1)$ Elementarereignisse.

Wir bilden nun mit Hilfe des vollständigen Systems

$$\begin{matrix} Z_1 & z_2 & Z_3 & & Z_4 & z_5 \\ \overline{z_V}; & z_V; & \overline{z_V} \cdot \overline{z_Z}; & & \overline{z_V}; & z_Z \end{matrix}$$

(Elementarereignisse bezeichnen wir mit kleinem z, andere mit großem!)

eine reduzierte W-Matrix:

$$W = \begin{pmatrix} W_{11} & \cdots & W_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{51} & \cdots & W_{55} \end{pmatrix}$$

Uns interessieren besonders die Elemente W_{52} und W_{51} ! W_{52} gibt Auskunft darüber, wie weit die vom Programmverfasser "versprochene" Partial-Wirkung tatsächlich eingetreten ist.

Definiert man die Lernvoraussetzung weniger rigoros, also als Summe Z_V - anstatt z_V - genügend vieler Elementarereignisse, so kann W_{51} als Maß für die Bedeutsamkeit (Signifikanz) von W_{52} interpretiert werden. Sind dann z.B. beide Matrixelemente ungefähr gleich 1, so bedeutet dies, daß Z_V zwar hinreichend, aber nicht notwendig für die Erreichung des Lernziels ist.

§ 7 Definition des (K;P;T)-Systems

Definition: Das Kollektiv K, das Programm P und der Test T bilden ein K;P;T-System, wenn für jede mittels T gemessene Wahrscheinlichkeitsverteilung bezüglich von Individuen aus K (K-Individuen) die Beziehung

$$p(t) = W(t - t_0)\, p(t_0)$$

gilt.

Innerhalb eines K;P;T-Systems nennen wir

den Test T einen K-P-Test,
das Programm P ein K-T-Programm und
das Kollektiv K ein P-T-Kollektiv.

In unserem System gibt es also kein Programm, Test oder Kollektiv schlechthin, sondern immer nur in bezug auf die beiden anderen Komponenten des Tripels.

Wenn man demnach z. B. sagt, das und das Meßverfahren sei ein Test, so ist das eine laxe Ausdrucksweise. Es muß heißen, das und das Meßverfahren stellt einen Test bezüglich des Paares P-K (oder vielleicht auch bezüglich der Paare P_i-K_i) dar.

Wir geben folgende Äquivalenz-Definitionen:

1. Zwei Kollektive K und K´ heißen äquivalent, genauer P-T-äquivalent, wenn K;P;T und K´;P;T zu gleichem W gehören.

2. Zwei Programme P und P´ heißen K-T-äquivalent, wenn die Tripel P;K;T und P´;K;T zu gleichem W gehören.

3. Zwei Tests T und T´ heißen K-P-äquivalent, wenn K;P;T und K;P;T´ zu gleichem W gehören.

Die Test-Äquivalenz kann bezüglich P als "Transferierbarkeit des Programms bezüglich T und T´" interpretiert werden. Maße für den "Transfer von P" bezüglich (nicht-äquivalenter) T_1, T_2, ..., T_g lassen sich mit Hilfe der zugehörigen Matrizen W_1, ..., W_g ableiten.

§ 8 Zusammenstellung der wichtigsten Begriffe und Größen des K;P;T-Systems

Zeichen	Begriff	Erläuterung
B;$\bar{B}$	Bewertungsmatrix; mittlere Bewertung	$\bar{B} = \sum_{1,k}^{n} W_{1k} B_{1k}$
E	Lernerfolg	$E = \sum_{i,k}^{n} W_{ik}^{*} p_k(t_0) b_i$
K	Kollektiv	Menge von unterscheidbaren Individuen; bei gleichem P und T: gleiches W
T	Test	(Fragen-) Menge (einschl. Antwortmenge) zwecks Definition der Lernzustände und Meßverfahren zwecks Gewinnung von Zustandsverteilungen und W-Matrix

W	Wirkung	Invariante des K;P;T-Systems
W_{ij}	Partialwirkung	Element der W-Matrix
z Z	Elementarereignis Zusammengesetztes Ereignis	 Mittels Test definierter Individualzustand
P	Programm	Ursache einer Zustandsänderung
(P;K;T)	Lern-Lehr-System	Wird durch W-Matrix bestimmt. Innerhalb eines solchen Systems kann der Lernerfolg allein mit Hilfe von b_i und $p_k(t_0)$ bestimmt werden.

§ 9 Zum Anwendungsbereich des vorgetragenen Begriffssystems

Obwohl - wie in § 1 gesagt wurde - die vorgetragene Begriffsbildung durch Überlegungen zum Thema "programmiertes Lernen" motiviert ist, ist ihre Verwendung nicht an den Lern - Bereich gebunden.

"Programm" ist allgemein als "Ursache einer Zustandsänderung" deklariert. Es kann dies also auch durch eine psychotherapeutische Maßnahme, durch eine sonstige medizinische Behandlung (Injektion) usw. realisiert werden. Da der Test- und Kollektivbegriff ebenfalls nicht auf den pädagogischen Bereich beschränkt sind, ist also irgendeine "mit Hilfe des Tests T gemessene Wirkung des (verursachenden) "Programms" P auf das Kollektiv K" mit Hilfe der vorgestellten Begriffe grundsätzlich beschreibbar.

§ 10 Schlußbemerkung

Ob die hier gegebenen Definitionen zweckmäßig sind, muß die Erfahrung erweisen! Da jedoch keine (wissenschaftliche) Erfahrung ohne antizipierende Begriffsbildung "gemacht" werden kann, ist diese eine sowohl riskante als auch notwendige Sache.

Zweckmäßig dürfte das vorgestellte Begriffssystem dann sein, wenn z.B. "ein-

fache" (leicht falsifizierbare) quantitative Beziehungen zwischen den hier definierten Größen der Lernwirkung und des Lernerfolgs einerseits und z.B. der "Makrostruktur" (Frank, 1964) oder anderer - noch zu definierenden - Programm-, Kollektiv- oder Testeigenschaften herstellbar sind.

Gesagt haben wir, was gleiche Programme, Tests und Kollektive (immer in bezug auf ...) sind.

Zu untersuchen ist jetzt, welche Eigenschaften gleiche Programme, gleiche Tests und gleiche Kollektive haben. .

Schrifttumsverzeichnis

Eckel, Karl — Zur Formalisierung von Lernbegriffen (I)
In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, Band 5, 1964, Heft 3/4, S. 85

Eckel, Karl — Lernerfolg - Programm und Test
In: Deutsche Lehrprogramme in Unterricht und Praxis, Manz-Verlag, Heft 2, 1965 a, S. 21

Eckel, Karl — Arbeiten und Arbeitsvorhaben auf dem Gebiet des programmierten Lernens
In: Mitteilungen und Nachrichten des Deutschen Institutes für Internationale Pädagogische Forschung in Frankfurt a.M., Nr. 40/1965 b

Frank, Helmar — Zur Makrostrukturtheorie von Lehralgorithmen, in: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, Band 5, 1964, Heft 3/4, S. 101

Klaus, Davis J. — Perspektiven der Forschung
In: Programmiertes Lernen und programmierter Unterricht, Heft 4, 1964, S. 171/Cornelsen-Verlag

Eingegangen am 12. Juni 1965

ÜBER DAS VERHÄLTNIS ZWISCHEN KYBERNETISCHEN UND PHILOSOPHISCH-GEISTESWISSENSCHAFTLICHEN DISZIPLINEN

von Helmar Frank (Waiblingen), Berlin

1. Problemstellung

Während noch vor wenigen Jahren gefragt werden konnte, warum "das fachphilosophische Interesse an der Kybernetik vorläufig noch relativ gering zu sein" scheine (Frank, 1962, S. 25), droht neuerdings auch im deutschsprachigen Schrifttum eine Lawine philosophischer (und vor allem popularphilosophischer) Schriften und Feuilletons die wenigen mathematischen und empirischen Forschungsberichte der konkret arbeitenden Kybernetiker zu verschütten. Selten besitzen die über Kybernetik schreibenden philosophierenden Publizisten ausreichende mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse (als Ausnahme sei das Buch von Stachowiak, 1965, genannt). Umgekehrt liefert kaum einmal ein konkret arbeitender Kybernetiker einen fruchtbaren Beitrag zur philosophischen Diskussion (hier sind die Schriften von Hermann Schmidt auszunehmen). Die Überbrückung der somit bestehenden Kluft könnte von einer Klärung des grundsätzlichen Verhältnisses zwischen der Kybernetik einerseits und der Philosophie und den Geisteswissenschaften andererseits ausgehen. (Dabei entspricht die allgemeine Kybernetik der Philosophie, während die regionalen Kybernetiken - vgl. Frank, 1964 a, S. 8 - mit den geisteswissenschaftlichen Einzeldisziplinen verglichen werden könnten.)

In Abschnitt 2 wird versucht, allgemein eine gewisse Polarität zwischen der kybernetischen und der philosophisch-geisteswissenschaftlichen Methode herauszuarbeiten. Dieses Verhältnis am Beispiel einer Disziplin zu illustrieren, die noch ebensowohl als philosophische Disziplin wie als geisteswissenschaftliche Einzelwissenschaft gedeutet werden kann, ist mit dem dritten Abschnitt beabsichtigt.

Daß die Ästhetik bzw. die Informationsästhetik als Beispiel gewählt wurde, ist zufällig. Ohne Mühe könnten dieselben Gedankengänge auch auf die Pädagogik bzw. die kybernetische Pädagogik bezogen werden, was dem Leser überlassen sei.

2. Gegenüberstellung von Philosophie und Kybernetik

Die Kybernetik kann - insbesondere hinsichtlich ihrer informationswissenschaftlichen Disziplinen (Informationspsychologie, kybernetische Pädagogik, informationelle Sprachtheorie, kybernetische Soziologie, Organisationskybernetik,

Informationsästhetik) - gedeutet werden als Synthese aus der Thematik und Methodik der Naturwissenschaft und klassischen Technik einerseits und der Thematik und Methodik der Philosophie, der Geisteswissenschaften und der zugehörigen Techniken (Rechtswesen, Erziehungs- und Bildungswesen, Politik) andererseits. Bild 1 veranschaulicht diese Deutung. Danach entspricht die Kybernetik thematisch eher den Geisteswissenschaften und der Philosophie, insofern auch sie an den Subjekt-Objekt-Relationen interessiert ist, methodisch jedoch eher den Naturwissenschaften, insofern auch sie quantitative Aussagen und die Erklärung bzw. Voraussage der Phänomene mittels eines Kalküls anstrebt.

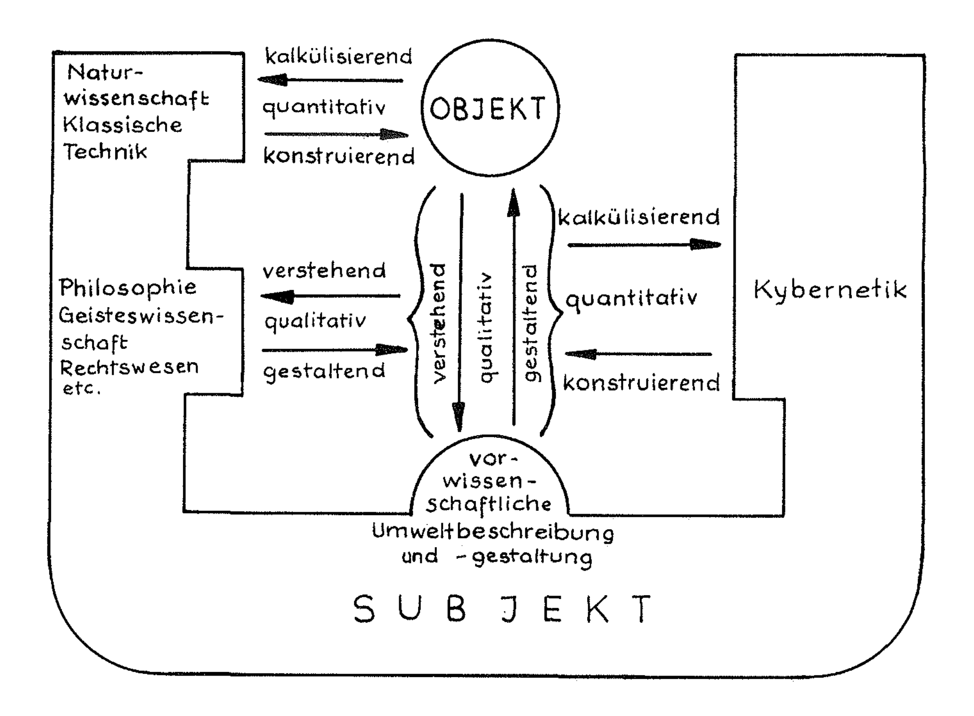


Bild 1

Die in unserem Schema dargestellten Beziehungen dürften indessen an Klarheit gewinnen, wenn man die Kybernetik nicht als Synthese sieht sondern aufgrund ihrer Kennzeichenbarkeit durch eine spezifische Kombination der dort eingetragenen binären Merkmale den Naturwissenschaften und den Geisteswissenschaften gegenüberstellt. Diese binären Merkmale sind:

1. hinsichtlich des Gegenstands (thematisch):

G^-	Bezogenheit ausschließlich auf ein (nicht-informationelles) Objekt	G^+	Bezogenheit auch auf ein Subjekt (also auf einen informationellen Gegenstand)

2. hinsichtlich der Erkenntnis

Q^-	qualitative Aussagen anstrebend	Q^+	quantitative Aussagen anstrebend
E^-	Erklärungen (bzw. Voraussagen) durch allgemeine Relationen innerhalb eines Kalküls (Axiome der Mechanik!) anstrebend	E^+	Einsichten (bzw. Voraussichten) durch unmittelbares Verstehen ausgehend von den eigenen Erlebnis- und Verhaltensmustern suchend

3. hinsichtlich der Vorgehensweise der zugehörigen Techniken:

T^-	erforderliche Teiloperationen ("Lotsenentscheidungen") kalkülmäßig aus gesetzten Zwecken ("Kapitänsentscheidungen") deduzierend und somit das technische Produkt ohne ständige Sicht seiner Ganzheit konstruierend	T^+	erforderliche Teiloperationen als voneinander nicht zu isolierende Maßnahmen von unmittelbar evidenter Zweckdienlichkeit zur Angleichung des Vorfindlichen (IST) an das überschaubare Wunschbild (SOLL) durchführend und damit das Erzeugnis in ständiger Sicht seiner Ganzeit gestaltend.

(Die Festlegung dieser Merkmale erfolgt hier qualitativ, kennzeichnet diese Untersuchung also eher als philosophisch denn als kybernetisch. Daß dies nur für eine erste Orientierung zulässig ist, erhellt (1) aus der - allerdings erzwungenen - Mitberücksichtigung auch des Beobachters in der modernen Physik, und (2) aus der Unmöglichkeit einer logisch scharfen Unterscheidung zwischen qualitativen und quantitativen Merkmalen, zumindest wenn letztere jeweils nur - im Extremfall zwei! - diskrete Werte annehmen können.)

Praktisch kommen nur die beiden Kombinationen $Q^+E^-T^-$ und $Q^-E^+T^+$ der methodischen Merkmale vor (bzw. es würden die entsprechend zu quantisierenden

Merkmale hohe Korrelationsbeträge aufweisen). Denn das kalkülmäßige Vorgehen beim Konstruieren (T^-) setzt einen Kalkül (E^-) voraus, der seinerseits aufgrund der unsere Bewußtseinskapazität übersteigenden Informationsmenge quantitativer Aussagen (Q^+) angestrebt werden muß. Ist umgekehrt nur eine überschaubare Menge qualitativer Aussagen (Q^-) zu berücksichtigen, dann wäre das Symbolisieren der an sich unmittelbar einleuchtenden bzw. anschaulichen Erkenntnisprozesse bzw. -objekte durch die Zeichen eines rudimentären Kalküls nur eine pseudowissenschaftliche Verfremdung. Die thematischen Merkmale G^- und G^+ ergeben nun mit den verbleibenden Kombinationen $Q^+E^-T^-$ und $Q^-E^+T^+$ der methodischen Merkmale vier Kombinationen, welche die vier Subjekt-Objekt-Beziehungen von Bild 1 kennzeichnen:

$G^-Q^-E^+T^+$:	vorwissenschaftliche Umweltbeschreibung und Umweltgestaltung (Symbol: V)
$G^+Q^-E^+T^+$:	Philosophie, Geisteswissenschaften und zugehörige Formen der Umweltgestaltung (Symbol: P)
$G^-Q^+E^-T^-$:	Naturwissenschaft und klassische Technik (Symbol: N)
$G^+Q^+E^-T^-$:	(wissenschaftliche und technische) Kybernetik (Symbol:K)

Die Subjekt-Objekt-Beziehung, welche ebenso Gegenstand der Philosophie wie der Kybernetik werden kann, ist nur in dem in Bild 1 dargestellten initialen Falle die vorwissenschaftliche Subjekt-Objekt-Beziehung $G^-Q^-E^+T^+$. Wir symbolisieren diese Relationen durch P(V) bzw. K(V). In der Philosophie der Naturwissenschaften wird die Beziehung $G^-Q^+E^-T^-$ zum philosophischen Gegenstand, symbolisch P(N). Die iterative Anwendung der durch G^+ gekennzeichneten Betrachtungsweisen liefert mögliche Stufenfolgen von Philosophien und Kybernetiken: P(P(V)), K(P(N)), P(K(P(N))) usf. Man kann also insbesondere ebensowohl die Kybernetik zum Gegenstand der Philosophie wie umgekehrt die Philosophie zum Gegenstand der Kybernetik machen.

Betrachten eine kybernetische und eine geisteswissenschaftlich-philosophische Disziplin denselben Gegenstand, dann werden dabei jeweils andere Merkmale berücksichtigt. Ganz entsprechend bezieht sich - um es an einem Beispiel zu veranschaulichen - die vorwissenschaftliche und die naturwissenschaftliche Betrachtung des deutschen Waldes streng genommen nicht auf denselben Gegenstand. Der Inhalt des Begriffs "deutscher Wald" für die vorwissenschaftliche Betrachtung wird ungefähr von einem Spaziergänger erlebt. Der Naturwissenschaftler beobachtet dort einen fallenden Tannenzapfen, abstrahiert von dessen Farbe, verallgemeinert auf beliebige Fallhöhen, entfernt ("vorläufig") die Luft aus dem umgebenden Raum, bemerkt, daß dann die Fallzeit t nur noch von der Fallhöhe

s, nicht mehr von der Form des Tannenzapfens abhängt und der Beziehung

$$t/\text{sec} = \sqrt{\frac{s/m}{4,9051}}$$

genügt, wobei im speziell gefundenen Wert der halben Erdbeschleunigung einige Information über das betrachtete Stück deutschen Waldes steckt. Alsdann wird nach Korrekturformeln für den Fall im lufterfüllten Raum in Abhängigkeit von Luftdruck, Temperatur, Zapfenform und -masse usf. gesucht.

Diese kalkülisierende Naturbetrachtung folgt also der cartesischen Maxime "jede der Schwierigkeiten.... in so viele Teile zu teilen als möglich und zur besseren Lösung wünschenswert wäre" (Descartes, 1637, 2. Kapitel). Der deutsche Wald als Denkobjekt wird hierbei freilich einem unmittelbaren (anthropomorphen) Verstandenwerden entfremdet. Überspitzt formuliert: die moderne Naturwissenschaft ist gerade dadurch als Naturwissenschaft gekennzeichnet, daß sie darauf verzichtet, von der Natur zu sprechen, daß sie vielmehr die Natur in Komponenten zerlegt und damit denaturiert. Man kann vermuten, daß am Ende unseres Jahrhunderts entsprechend die (dann "moderne") Geisteswissenschaft dadurch gekennzeichnet sein wird, daß sie nicht mehr vom "Geist" und seinen Derivaten spricht, ihn vielmehr in Komponenten zerlegt und damit zu einer Systematik von Informationen und informationellen Prozessen "entspiritualisiert" haben wird. Diese Geisteswissenschaft wird damit nicht mehr die philosophische, sondern die kybernetische Geisteswissenschaft sein, also in unserer Terminologie: die Informationswissenschaft. Von der Informationsästhetik als Zweig der Informationswissenschaft müssen wir eine ähnlich vereinfachende Sicht ihres Gegenstandes, des Kunstwerks, erwarten, wie wir bei der Physik als Zweig der Naturwissenschaft eine vereinfachende Sicht z. B. des deutschen Walds als Ausschnitt aus der Natur schilderten.

3. Ansatz der Informationsästhetik

Als Zweig der Kybernetik kommt der Informationsästhetik das Merkmal G^+ zu, d. h. die Informationsästhetik interessiert sich für Nachrichten, welche ein reales Objekt als Zeichenträger (Bense, 1954) einem Empfänger (konsumierendes Subjekt) vermittelt, sowie für Nachrichten, welche eine Quelle (produzierendes Subjekt) in der Objektsphäre realisiert. Für die Informationsästhetik hat also ihr Objekt, das Kunstwerk, Nachrichtencharakter.

Wie bei den Naturwissenschaften kann - zumindest programmatisch - auch bei der Informationsästhetik ein beschreibendes (deskriptives), ein erklärendes und ein exaktes Stadium unterschieden werden.

Die beschreibende Informationsästhetik, die in Deutschland vor allem auf Arbeiten von Max Bense (1956-1960) zurückgeht, ermittelt aus vorgegebenen Kunstwerken bestimmte statistische Kenngrößen, z.B. Mittelwerte, Streuungen, Informationswerte, Überraschungswerte, Auffälligkeitswerte, Redundanzwerte usf. Diese Beschränkung auf eine Beschreibung durch kontrollierbare Mittel (insbesondere unter Vermeidung von Bewertungen und Deutungen) ermöglicht unanfechtbare, präzise Aussagen. Der einzige denkbare Einwand lautet: solche Aussagen seien ästhetisch bedeutungslos. Man könnte diesem, von der philosophisch-geisteswissenschaftlichen Ästhetik her oft vorgebrachten Einwand natürlich dadurch begegnen, ohne sich allzusehr der Gefahr einer fundierten Kritik auszusetzen, daß man diejenigen Parameter eines Kunstwerks mißt, von deren Größe bei einem Kollektiv von Versuchspersonen das geäußerte subjektive Gefallen am Kunstwerk abhängt. Damit erhält man im Prinzip die Möglichkeit der Vorhersage durchschnittlicher Werturteile in einer Gesellschaft, für welche das gewählte Kollektiv repräsentativ ist, ohne jedoch diese Werturteile begründen zu können. Solche "ästhetischen Maße" stellte G.D. Birkhoff (1929, 1932) auf.

Eine Verknüpfung der Birkhoffschen Ästhetik mit der Informationsästhetik versuchte der Verfasser (1959) und im Anschluß daran vor allem R. Gunzenhäuser (1962, 1964). Hierbei handelt es sich um Versuche zur Erklärung ästhetischer Erscheinungen, wie sie im Rahmen der Kybernetik erstmals von A. Moles (1958) unternommen wurden. Moles betonte, daß der Informationsfluß eines zeitlichen Kunstwerks eine obere Grenze nicht überschreiten dürfe, um noch apperzipierbar zu sein, aber auch eine untere Grenze mindestens erreichen müsse, damit es nicht zu informationsarm ist, also als banal und langweilig empfunden wird. Die Bestimmung dieser Grenzen wird als ein informationspsychologisches Problem gesehen. Damit wird aber die erklärende Informationsästhetik angreifbar, denn sie stützt sich auf mit Unsicherheiten behaftete experimentalpsychologische Meßergebnisse und muß zudem voraussetzen, daß andere als die jeweils in Betracht gezogenen Erklärungsgründe ausscheiden. Angesichts der Spärlichkeit unserer aktuellen informationspsychologischen Kenntnisse ist eine solche Voraussetzung immer gewagt.

In Analogie zum Vorgehen der Physik kann versucht werden, diese Schwierigkeit durch Einführung eines Modells für das Kunst konsumierende Subjekt zu überwinden (Frank, 1959, Abschnitt 4.3; 1964 b S. 22-27), ähnlich wie die mathematische Physik sich auf das Modell des starren oder des elastischen Körpers statt auf die hiermit nur näherungsweise erfaßbaren realen Körper bezieht. Großenteils wird ein solches Modell der Informationsästhetik die theoretische Informationspsychologie sein - ergänzt durch spezielle Annahmen über die ästhe-

tische Wahrnehmung und Realisation. Jedoch bleibt auch eine solche exakte Informationsästhetik prinzipiell angreifbar, solange man als intendierten Empfänger des als Nachricht interpretierten Kunstwerks den Menschen ansieht. Denn dann bleibt stets die Frage, inwieweit das Subjekt-Modell adäquat ist. Daher strebt die exakte Informationsästhetik eine Approximation des Kunstkonsumenten durch eine Folge von Subjektmodellen an (Frank, 1959, Abschnitt 4.44). Damit kann jedes Theorem axiomatisch auf ein Modell bezogen und damit im Prinzip unanfechtbar sein, und dem Einwand, das zugrundeliegende Modell sei dem Kunstkonsumenten nicht isomorph, kann durch den Hinweis begegnet werden, es handle sich ja nur um die n-te Approximation, deren Verbesserung und "Aufhebung" (Deutung als "Grenzfall") in einer komplexeren Theorie von vornherein vorausgesetzt war.

Für die Frage nach einer Definition des Kunstwerks bieten sich der Informationsästhetik drei mögliche Antworten an.

Zunächst kann sie sich darauf berufen, daß sie als eine quantitative Disziplin auf eine vorhergehende phänomenologische, also qualitative Bestimmung ihrer Gegenstände angewiesen sei. Sie kann also als "Kunstwerk" alles das bezeichnen, was die philosophisch-geisteswissenschaftliche Ästhetik "Kunstwerk" nennt.

Zweitens kann die Informationsästhetik auch einen behaviouristischen Ansatz machen, indem sie versucht, das menschliche Verhalten von wenigen Komponenten her, nämlich von der biologischen Triebhaftigkeit, der ethischen Normierung und evtl. dem "reinen wissenschaftlichen Interesse", zu erklären. Betrachtet man den Menschen aber als einen von diesen Transformationsprinzipien beherrschten Reiz-Reaktions-Übertragungskanal, dann stellt man einen beträchtlichen Störpegel fest (Warum werden Gedichte gelesen?). Diese Störung verweist auf eine vierte Komponente - die ästhetische.

Drittens kann von vornherein eine mutmaßlich notwendige Bedingung, die ein Kunstwerk erfüllen muß, als zugleich hinreichende Bedingung angesehen und damit zur Definition erhoben werden. Eine solche Definition könnte lauten (Frank, 1959, Abschnitt 1.6):

"Ein Kunstwerk ist eine Nachricht, die von einem Menschen absichtlich erzeugt und von einem Menschen wahrgenommen wird, eine semantische Funktion hat (d.h. mindestens eine Bedeutung überträgt) oder mindestens ein Superzeichen enthält, derart, daß der Aufbau eben dieses Superzeichens bzw. die Codierung der zu übertragenden Bedeutung nicht eindeutig durch das Superzeichen bzw. die

Bedeutung bestimmt ist, folglich eine von Null verschiedene bedingte Information, die sogenannte "ästhetische Information" enthält."

Diese Definition ist insofern relativ eng, als sie sämtliche automatisch verfertigten "Kunstwerke", auch wenn sie von "echten" nicht unterscheidbar sind, ausschließt. In der Informationsästhetik wird daher meist (zumindest bei Bense und Moles) ein umfassenderer Begriff vorausgesetzt.

Die Basis, auf welcher die Informationsästhetik aufbaut, besteht demnach (Frank, 1959, S. 8) aus vier Bestandteilen (Bild 2):

1. aus der Forderung, quantiative Aussagen zu gewinnen, was die Informationsästhetik zu einem Anwendungsgebiet der Mathematik macht (wobei natürlich das Kunstwerk nicht einfach durch eine Zahl, sondern eher durch einen Vektor genügender Dimension ästhetisch zu kennzeichnen ist);
2. aus der Bestimmung des Kunstwerks als Nachricht, womit die Zeichentheorie zur Hilfsdisziplin der Informationsästhetik wird;
3. aus der Forderung, die gewonnenen informationstheoretischen und sonstigen quantitativen Kennzeichen des Kunstwerks auf die von der Informationspsychologie gefundenen Parameter des Menschen zu beziehen und das ästhetische Urteil von diesen Beziehungen abhängig zu machen;
4. aus der Forderung, das ästhetische Urteil kalkülmäßig herleitbar zu machen, also einen Algorithmus für das ästhetische Urteil zu suchen, also die Kunstkritik im Prinzip durch einen entsprechend programmierten Automaten leisten zu lassen, womit die Automatentheorie als Hilfsdisziplin hinzukommt.

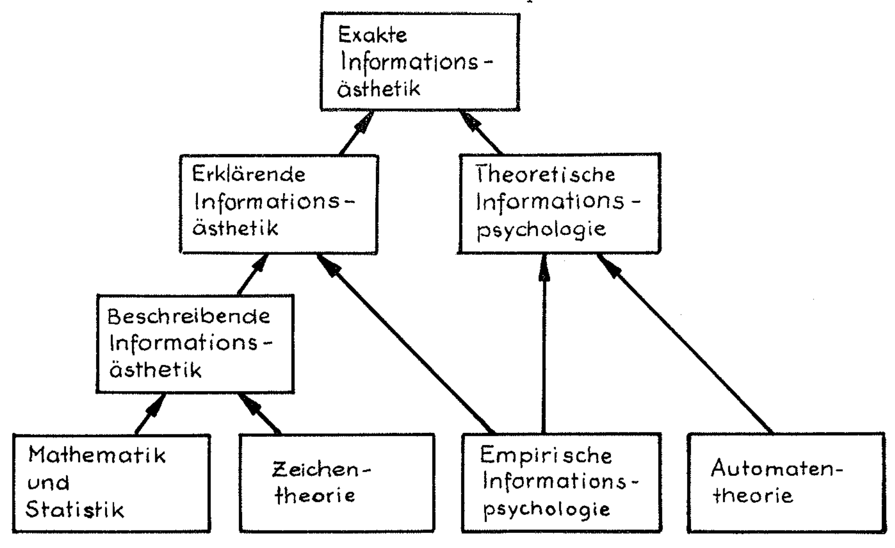


Bild 2

Die beschreibende Informationsästhetik stützt sich nur auf die beiden ersten Maximen. Die erklärende Informationsästhetik berücksichtigt bereits empirische Ergebnisse der Informationspsychologie. Dieselben empirischen Ergebnisse werden in der theoretischen Informationspsychologie zu einem automatentheoretisch zu präzisierenden Subjektmodell "dogmatisiert". Dieses Modell (und damit auch die vierte Maxime) liegt der exakten Informationsästhetik zugrunde, die freilich vorläufig noch kaum aus dem Stadium des Programms hinauskam.

Die exakte Informationsästhetik fragt nach keiner Gültigkeitsgrenze ihrer Gesetzmäßigkeiten (ebenso wie die theoretische Elastomechanik keine Gültigkeitsgrenze des Hookeschen Gesetzes kennt), da sich die Aussagen nur noch auf das zugrundegelegte Modell beziehen und für den Menschen eben mit der Genauigkeit gelten, mit welcher er durch das jeweilige Modell abgebildet wird. Demgemäß wird für die exakte Informationsästhetik die von der erklärenden Informationsästhetik überwiegend introspektiv analysierte ästhetische Wahrnehmung zu einem durch die Modellfunktionen und -parameter definierbaren Algorithmus. Nun können aber die Modellfunktionen und -parameter durch reale nachrichtenverarbeitende Automaten simuliert und der Algorithmus der ästhetischen Wahrnehmung von solchen Automaten ausgeführt werden. Durch diese sich heute erst anbietende Möglichkeit kann im Prinzip dreierlei erreicht werden.

1. Während der traditionelle Kunstkritiker im besten Falle sich auf eine philosophisch-geisteswissenschaftliche Ästhetik stützt, also die Begegnung des vorwissenschaftlichen Subjekts mit dem Kunstwerk verstehend nachvollzieht, vermag der kybernetische Kunstkritiker diese Begegnung mit dem durch einen Automaten simultierten Subjektmodell bei variierbaren Parametern durchzuspielen und dadurch z.B. die Wirkung des Kunstwerks bei verschiedenen sozio-kulturellen Gruppen vorauszusagen, oder zumindest durch kalkülmäßige Anwendung immer einschränkenderer notwendiger Kriterien sicher abzuschätzen. Dazu hat der künftige kybernetische Kritiker (sofern er nicht an der Verfeinerung des Modells der Informationsästhetik arbeitet) eigene ästhetische Wahrnehmungen ebensowenig nötig, wie der das Gravitationsfeld erforschende Physiker sich hierzu seines eigenen Körpergewichts bewußt sein muß.

2. Die Informationspsychologie konnte in - freilich sehr einfachen - Laborsituationen quantitativ ermitteln, wie die Wahrscheinlichkeitsverteilung $\mathfrak{p}$ bei der willkürlichen Produktion von Folgen von Zeichen aus einem gegebenen Repertoire durch die Häufigkeitsverteilung $\mathfrak{h}_R$ innerhalb von Vorbildern beeinflußt wird (Frank, 1964 b, S.66-77). Dabei zeigte sich, daß die Verteilung $\mathfrak{p}$ sich im stationären Zustand aus den (digitalisierten) Auffälligkeitswerten zusammensetzt, die aus der Verteilung $\mathfrak{h}_R$ berechenbar sind. Bei sprunghafter Ände-

rung von $\mathfrak{h}_R$ scheint $\mathfrak{p}$ einem Einschwingprozeß zu unterliegen, der theoretisch vorhergesagt werden kann. Bedenkt man nun, daß die ästhetische Produktion wesensgemäß Freiheiten verbraucht, d. h. willkürliche Zeichenwahlen trifft, wobei der Künstler als Glied einer soziokulturellen Gruppe Vorbildern ausgesetzt ist, andererseits aber selbst mit seinem Werk für den nächsten Zeitpunkt zur Häufigkeitsverteilung des Durchschnittsvorbilds ("Zeitgeschmack"!) beiträgt, dann gelangt man zu einem rückgekoppelten Informationsfluß (Bild 3). Die wirksame Häufigkeitsverteilung $\mathfrak{h}_R$ innerhalb einer soziokulturellen Gruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt ergibt sich durch Gewichtung der Häufigkeitsverteilungen in den aus den vorangegangenen Zeitpunkten noch vorliegenden Kunstwerken und aus dem Einfluß $\mathfrak{h}_0$ anderer soziokultureller Gruppen. Diese Gewichtung ist determiniert durch den Einfluß der Kritik, die Wirkung auf das Publikum und durch soziale Machtverhältnisse (persönliches Durchsetzungsver-

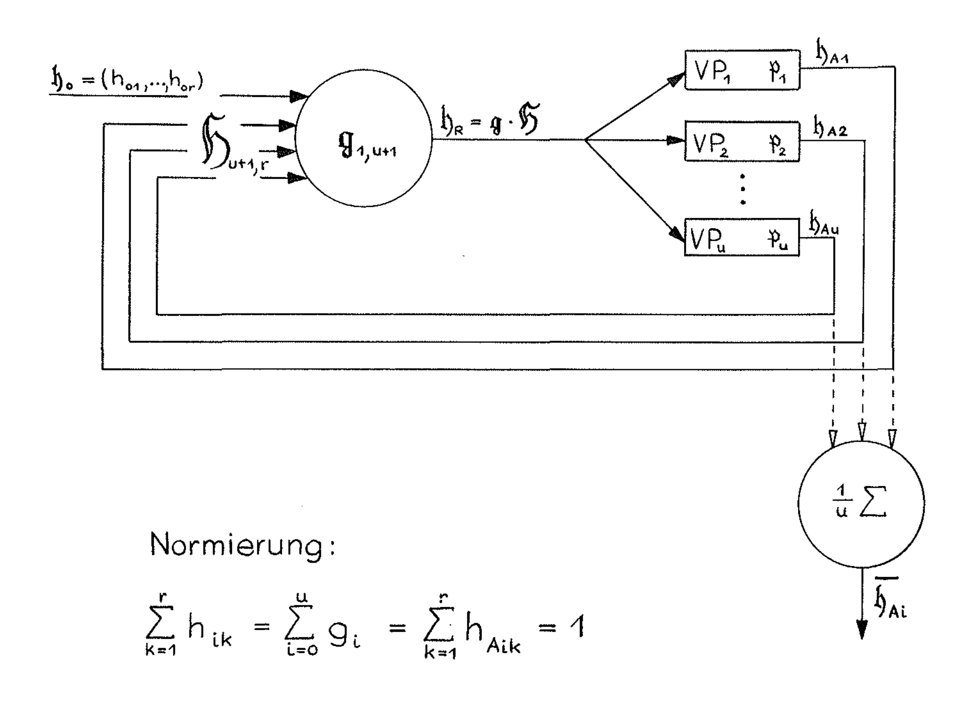


Bild 3

mögen des Künstlers oder Protektion). Nur wenn $\mathfrak{h}_R$ die Gleichverteilung wäre, könnten aufgrund des angegebenen mathematischen Zusammenhangs $\mathfrak{p}$ und damit $\mathfrak{h}_R$ konstant bleiben. Andernfalls sagt das Modell Schwingungen voraus, die an "Modeschwankungen" denken lassen. Ob diese im Prinzip abklingen können, ob also die Geschichte jeder Kunstgattung ein Einpendeln auf eine Gleichwahrscheinlichkeit aller Möglichkeiten (einen "ästhetischen Wärmetod") beschreibt, hängt u.a. von noch unbekannten informationspsychologischen Parametern (Geschwindigkeit der informationellen Akkomodation!) ab. Jedenfalls könnte das in Bild 3 gegebene, auf einem Rechenautomaten simulierbare Modell der Informationsästhetik im Prinzip den Weg zu einer quantitativ-erklärenden Kunstgeschichte öffnen, natürlich unter der Bedingung, daß die cartesische Methode beibehalten wird, daß man also darauf *verzichtet*, alle Einflüsse und Abhängigkeiten *zugleich* berücksichtigen zu wollen, um dann das Scheitern der Untersuchung mit der Komplexität der Thematik rechtfertigen zu können.

3. Die Frage nach einer der Informationsästhetik entsprechenden Technik haben wir bisher ausgeklammert. Der Künstler war - ebenso wie der Konsument - das vorwissenschaftliche Subjekt. Problematisch wird es, wenn er seine Produkte erst informationsästhetisch (etwa durch einen Automaten!) analysieren wollte, ehe er sie dem Konsumenten zugänglich macht. (Das einfache Modell von Bild 3 müßte hierfür erweitert werden!) Der Sprung ist nun nicht mehr weit zum automatisch verfertigten "Kunstwerk". Denn ein Automat kann beliebige Zeichenkombinationen erzeugen, auf diese die informationsästhetischen Kriterien anwenden und nur ausgeben, was ihnen genügt. Diese "künstlichen Kunstwerke" verfehlen aus einem keineswegs unverständlichen Grunde ihre ästhetische Wirkung auf das Kunst konsumierende Subjekt: dieses will hinter dem Kunstwerk als Nachrichtenquelle ein Du sehen, ein Fremdbewußtsein. *Weiß* das Subjekt, daß ein ihm vorgegebenes "Kunstwerk" automatisch erzeugt wurde, dann nimmt es *durch* die in diesem Wissen steckende zusätzliche Information eine andere Haltung ein, von der aus es dieses "Kunstwerk" ästhetisch disqualifiziert, obgleich es von einem echten Kunstwerk ununterscheidbar sein mag. Unser Gehirn ist nämlich - mindestens vorläufig noch - so beschaffen, daß es nur bei der semantischen, nicht auch bei der pragmatischen und syntaktischen Funktion der Zeichen den Automaten dem Menschen äquivalent setzt.

Alle diese Möglichkeiten und Probleme sind der philosophisch-geisteswissenschaftlichen Ästhetik fremd. Das schließt nicht aus, daß die Informationsästhetik Aussagen der philosophisch- geisteswissenschaftlichen Ästhetik als phänomenologische Grundlagen benützt, wie andererseits selbst zum Gegenstand philosophischer Reflexion werden kann. Damit kann sie als paradigmatisch für andere informationswissenschaftliche Disziplinen gelten.

Schrifttumsverzeichnis

Bense, Max — Aesthetica II (Ästhetische Information)
Aesthetica III (Ästhetik und Zivilisation)
Aesthetica IV (Programmierung des Schönen)
Agis-Verlag, Baden-Baden, 1956, 1958, 1960
98, 96, 128 S.

Birkhoff, G.D. — Quelques éléments mathématiques de l'art
Attidel Congresso Internationale dei Mathematica
1929, Bd. 1

Birkhoff, G. D. — A mathematical theory of aesthetics.
The Rice Institute Pamphlet, Bd. 19, 1932
S. 189-342

Descartes, René — Discours de la Méthode pour bien condüire sa raisaon et chercher la verité dans les sciences
Tan Maire, Leiden, 1637

Frank, Helmar — Grundlagenprobleme der Informationsästhetik und erste Anwendung auf die mime pure
Verlagsbuchhandlung Hess, Waiblingen, 1959

Frank, Helmar — Kausalität und Information als Problemkomplex einer Philosophie der Kybernetik, GrKG 3, 1962

Frank, Helmar — Kybernetische Maschinen
Prinzip und Anwendung der automatischen Nachrichtenverarbeitung. S. Fischer-Verlag, Frankfurt
1964 a

Frank, Helmar — Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte
Verlag Schnelle, Quickborn, 1964 b., 82 S.

Gunzenhäuser, Rul — Ästhetisches Maß und ästhetische Information
Verlag Schnelle, Quickborn, 1962, 164 S.

Gunzenhäuser, Rul — Informationstheorie und Ästhetik
In.: H. Frank (Hsg.) Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften, Umschau-Verlag, Frankfurt,
4. Aufl. 1964, S. 229-241

Moles, A.A. — Théorie de l'information et Perception Esthétique
Flammarion, 1958, Paris, 221 S.

Stachowiak, H. — Denken und Erkennen im kybernetischen Modell
Springer Verlag, Wien-New York, 1965

Eingegangen am 26. Mai 1965

BIOLOGISCHE UND TECHNISCHE REGELVORGÄNGE

von H. Schaefer, Heidelberg .

Bei allen neuen Betrachtungsweisen (und um eine solche handelt es sich bei der Kybernetik auch) muß beachtet werden, wieweit bekannte Tatsachen nicht einfach in neuer Namensgebung als nur scheinbar neue Einsicht vorgebracht werden und worin das eigentlich Neue überhaupt besteht. Während für die Technik die kybernetische Theorie eine neue technische Dimension erschloß, ist das für die Biologie naturgemäß nicht der Fall. Der Techniker konstruiert heute höchst leistungsfähige kybernetische Maschinen, d.h. das Prinzip einer Rückkopplung erlaubt es ihm, technische Zwecke zu erreichen, welche früher nur mittels der Tätigkeit menschlicher Intelligenz als Steuerfaktor erreichbar waren. Ja, da die Maschine in der Geschwindigkeit der Steuerung dem Gehirn merklich überlegen ist, und zwar um einen Faktor von rund 1000, ist sie technisch brauchbarer als der Mensch, sofern einfache und rasche Steuerungen gefordert werden. Werden hingegen Leistungen verlangt, bei denen viel Material (als Gedächtnis) zu speichern ist oder sonst hohe Forderungen an den Umfang der Leistung und ohne Ansehen der Geschwindigkeit gestellt werden, so ist der menschliche Steuerapparat des Gehirns dem jeder kybernetischen Maschine überlegen, denn selbst unsere besten Rechenmaschinen enthalten etwas mehr als ein Millionstel der Schaltelemente, welche das Gehirn in seinen Ganglienzellen besitzt (W. Wieser).

So ist also die Kybernetik in der Biologie nur eine erklärende Wissenschaft, während sie in der Technik eine produktive Wissenschaft ist. Dann aber muß gesagt werden, daß der Erklärungswert der Kybernetik natürlich nur so weit reicht, als mit ihr neue Mechanismen entdeckt werden, welche mit Methoden der Biophysik zu analysieren sind. Denn ein Blockschaltbild, wie es in den einführenden Aufsätzen dargestellt wurde und allgemein als Darstellungsprinzip kybernetischer Prozesse benutzt wird, stellt erst ein biologisches Problem. Seine Lösung fordert die Kenntnis aller Mechanismen, welche von solchen Schaltbildern als existent vorausgesetzt werden.

Die Biologie hat solche Mechanismen aber von jeher gesucht und auch in erheblichem Ausmaß gefunden. Es ist daher nicht verwunderlich, daß kybernetische Forschungsprinzipien in zweierlei Richtungen am meisten Erfolg hatten. Einmal dort, wo der Biologe das Problem nicht ohne weiteres sieht, in der Erklärung jener Verhaltensweisen der Tiere, für welche dem Menschen die Analoga fehlen, weil er solche Verhaltensweisen selber nicht besitzt. Dann in der Konstruktion technischer Modelle biologischer Leistungen, wo also eine biophysikalisch zu analysierende Funktion so kompliziert ist, daß man ein einfacheres

und überschaubareres physikalisches Modell gleicher Leistung konstruiert. Wenn es sich um einen kybernetisch arbeitenden biologischen Mechanismus handelt, z.B. einen Vorgang nervöser Steuerung von Bewegungen oder der sinnesphysiologischen Kodierung, der zu erklären ist, kann das Modell nur eine kybernetische Maschine sein.

Bei dieser Sachlage werden wir uns nicht wundern, wenn auch sonst einige prinzipielle Unterschiede zwischen technischen und biologischen Reglern zu finden sind, die sich in einigen Lehrsätzen wie folgt umreißen lassen.

Der erste Satz, den ich aussprechen möchte, um mein Anliegen zu erläutern, ist: Technische Regelanlagen sind nach der Analogie zum Menschen gebaut, nicht aber die biologische Regelanlage nach Analogie zur Technik. Daß biologische Regelanlagen nicht in Analogie zur Technik gebaut sind, ist banal, denn sie bestehen länger als jede Technik. Aber wir vermuten nicht so sehr Analogien, die in den Absichten der Konstrukteure technischer und biologischer Regelungen liegen, als eine Analogie der Funktion derart, daß in beiden Fällen Mechanismen nach Art von Regelkreisen aufeinander einwirken. Diese Feststellung ist an sich nicht geeignet, besonderes Vergnügen hervorzurufen, wenn nicht etwas anderes de facto dahintersteckt, nämlich die Hypothese, daß ein "lebloser" Regelvorgang offenbar das auch kann, was ein komplizierter lebender Organismus tut: Die Menschmaschine Wieners tritt in unseren Gesichtskreis. In diesem Zusammenhang müssen wir uns daran erinnern, daß Regelgeräte in der unbelebten Natur nicht vorkommen. Sie setzen zu ihrer Existenz den menschlichen Ingenieur voraus. Wenn irgendeine Form der Analogisierung möglich ist, so nur die der Zwecke, denen beide dienen. Unsere Definition, daß der technische Regler Analogien zum Menschen enthält, besagt nichts anderes, als daß die Anlage Dinge tut, die eigentlich der Mensch tun sollte - sich z.B. ein konstantes Klima zu schaffen, was der Regler der Klimaanlage leistet und was die Menschen seit Jahrtausenden durch Kleidung und Wohnung, nur wesentlich unvollkommener, willkürlich tun. Die technische Regelanlage ist sinnlos ohne den Menschen, der sie zu einem Zweck gebaut hat. Es wäre daher eine echte Inversion einer Beweisführung, wenn man den Menschen als "technische Regelanlage" verstehen wollte. Im Gegenteil: Die Regelanlage ist ein Ausfluß des menschlichen Bedürfnisses nach Homeostase, d.h. nach Konstanz seiner Lebensbedingungen.

Der zweite Satz, den ich erörtern möchte, heißt: Biologische Regler sind "mechanischer" als technische.

Betrachten wir die biologischen Regler allgemein: Zunächst sind biologische Reg-

ler meist komplexe Regler. Hierdurch wird zunächst erreicht, daß alle Sollwerte einer bestimmten Regelstrecke zugleich Regelgrößen einer anderen Regelstrecke sind. Beispiel: Der Blutdruck als Sollwert ist Regelgröße in einem Regelsystem, welches die Gewebsdurchblutung als Sollwert einstellt. Der biologische Regler ist in ein geschlossenes System von Regelungen eingebaut, in dem es weder Sollwerte noch Führungsgrößen gibt, die von der Regelung nicht beeinflußt sind. Diese Geschlossenheit des Systems aller Regelungen macht das Kennzeichen biologischer Regelung in erster Linie aus. Jede technische Regelanlage ist an irgendeiner Stelle "offen", d.h. dem Zugriff des Ingenieurs zugänglich, ohne den das System seine Leistung nicht abgibt. Es gibt keine echten Roboter. Die biologische Regelanlage setzt aber keinen Ingenieur voraus. Wenn wir Systeme, deren Funktion ohne Eingriff von Intelligenz erklärbar ist, mechanische Systeme nennen, so ist die Regelanlage des Technikers nicht mechanistisch, die biologische Regelanlage wohl. Sie ist sozusagen das Vollkommenste an Mechanismus, das es gibt: die ohne Eingriff und Korrektur auf Konstanz der Form hinarbeitende Maschine.

Wir können diese Argumentation auch auf folgende Weise führen: Die Begriffe der Regelungstheorie symbolisieren keine Mechanismen. Sie führen also auch nicht zu Kausalerklärungen des Phänomens technischer Regelung als eines Ganzen. (Kausal erklärt sind nur die Teile und ihre Wechselwirkung, also gerade das, was am Blockschaltbild ganz nebensächlich ist.) Die Begriffe technischer Regelung sind aber aus der Absicht, Wirkungen hervorzubringen, verständlich. Das Modell eines Regelkreises, im Sinne einer erklärenden Philosophie, enthält also das Gehirn des Technikers.

Während nun der technische Regelvorgang, was schon aus dem Begriff "Sollwert" hervorgeht, teleologisch ist, beziehen sich die gleichen Begriffe im biologischen Regelvorgang auf Sachverhalte, die sich anders als teleologisch, nämlich mechanisch beschreiben lassen. Beispiel: Die Menge Blutfarbstoff wird so lange vergrößert, bis sie durch genügenden Antransport von Sauerstoff den Wachstumsreiz für neue blutfarbstoffhaltige Zellen selber ausschaltet. Die Sollwerte der Biologie sind also durch die elementare Leistung des Systems gegeben, in der Regel durch eine "Störungsgrenze" (z.B. den Sauerstoffmangel) festgelegt. Sie werden keinesfalls durch eine Intelligenz, etwa "von Hand", eingestellt. Man kann zwar auch von technischen Sollwerten sagen, daß sie durch Störungsgrenzen bestimmt sind. Aber die Störung liegt im Wohl und Wehe des menschlichen Benutzers. Die Klimaanlage mit falschem Sollwert stellt z.B. nicht mehr die Behaglichkeitstemperatur ein. Der technische Sollwert ist psychologisch, der biologische aber mechanisch bestimmt! Der biologische Regelvorgang ist daher im philosophischen Sinne einfacher: Er ist auf e i n System bezogen, nämlich die geschlossene Struktur aller Regelungen des Organismus; der technische Re-

gelvorgang ist bezüglich der Mechanismen mechanistisch, bezüglich der Sollwerte psychologistisch gebaut. Wir können sogar sagen, daß es biologische Sollwerte eigentlich gar nicht gibt, d.h. daß wir vom "Soll" der Werte nichts wissen können, solange wir nicht über die Absichten eines Gott-Konstrukteurs des Lebendigen unterrichtet sind. Biologische Sollwerte sind empirische Istwerte, die man ihrer Häufigkeit (d.h. ihrer Normalität) wegen zu Sollwerten erklärt hat.

Ein letzter Satz, der mir bezüglich des Vergleichs technischer und biologischer Regelanlagen am Herzen liegt, ist dieser: Die Zwecke technischer Regelanlagen sind evident, die biologischer Anlagen sind metaphysisch.

Die Evidenz der technischen Zwecke entspringt der Tatsache, daß der Zweck sozusagen das Motiv der Konstruktion der Anlage war. Die metaphysische Natur der biologischen Zweckmäßigkeit bedeutet, daß diese Zweckmäßigkeit jenseits jeder Erfahrungsmöglichkeit liegt.

Wir wollen ganz kurz den Begriff biologischer Zweckmäßigkeit unter dem besonderen Aspekt der Regelungstheorie erläutern. Zwecke verfolgt nur eine planende Intelligenz. Hiervon jedenfalls stammt der Begriff eines Zweckes, zu dessen Erreichen man sich eines Mittels bedient. Der Begriff der Zweckmäßigkeit setzt also von vornherein den einer konstruktiven Intelligenz voraus. Man kann jedoch den Begriff "zweckmäßig" auch anders verstehen, nämlich im Sinne "geeignet zu..."

Ein Organ arbeitet zweckmäßig, wenn es zu bestimmten Aufgaben oder Wirkungen geeignet ist. Das Kennzeichen "geeignet" setzt dann aber voraus, daß bestimmte Aufgaben oder Wirkungen als wünschenswert betrachtet werden. Jede Einordnung des Vorgangs in eine als zweckmäßig verstehbare Eignungscharakteristik hängt also vom Wunschbild des Betrachters ab. Über "objektive Zwecke" etwas aussagen zu wollen, hieße behaupten, daß man etwas über Absichten einer Intelligenz weiß, welche die Natur erschaffen (d.h. konstruiert) hat, also z.B. über die Absichten Gottes.

Das Kennzeichen der Zweckmäßigkeit ist also immer subjektiv und entspricht bestimmten Vorstellungen einer Modellwelt des Beurteilers. Zwar sprechen wir vom Zweck der Erhaltung des Lebens, der Art, des Lustgewinns, der Schmerzverhütung. Aber wir setzen dabei voraus, daß diese Effekte wünschenswert sind (für uns) oder in der Absicht Gottes oder der "Natur" (wer ist das?) gelegen seien. Alle diese so einleuchtenden Zwecke entsprechen ja auch dem Modell der Welt, das der Mensch zu haben pflegt. Die Kennzeichnung eines Naturvorganges als

unzweckmäßig besagt, daß seine Existenz unseren Modellvorstellungen widerspricht, d.h. in unser Weltbild nicht hineinpaßt.

Nun ist in der Tat eine der grundlegendsten Modellvorstellungen des Menschen eine Welt, die frei von Leid und Tod ist. Er bejaht das Leben. Daß dies nicht immer so sein muß, zeigt die Erfahrung, etwa die Verfallenheit an das "Nichts" (Plügge) mit der Sehnsucht nach Selbstauslöschung des Menschen, oder die Ablehnung der Selbsterhaltung, etwa durch Magersucht, d.h. durch Aufhören des Triebs, sich zu ernähren (Kütemeyer). Das Modell, das der Durchschnittsmensch von dieser Welt hat, ist also nicht allgemeingültig. Auch Krankheit widerspricht diesem landläufigen Modell und erscheint unzweckmäßig, wenn sie nicht doch in "höherer" Weise als zweckmäßig empfunden wird, indem das banale Modell der Welt, das dem Wunschbild des banalen Menschen entstammt, von einem anderen Modell, dem der Religion etwa, abgelöst wird. Vom Religiösen her kann Krankheit zweckmäßig sein. Moderne Mediziner pflegen diesen einfachen logischen Sachverhalt dadurch zu kennzeichnen, daß sie vom Sinn der Krankheit reden (v. Weizsäcker, Jores). Krankheit kann den Menschen zu "sich selbst", d.h. zu einer Besinnung führen, kann Zwecke in seinem Leben erfüllen, die als wesentlicher betrachtet werden als die Zwecke der Leidlosigkeit oder der Gesundheit. Das ewige Seelenheil des Menschen kann z.B. als letzter Zweck allen menschlichen Daseins postuliert werden und wird damit eine vollkommen veränderte Skala der Urteile über Zweckmäßigkeiten biologischer Abläufe bedingen. Krankheit wird das "Bad einer geistigen Wiedergeburt". Das Urteil über die Zweckmäßigkeit im Sinne einer "Eignung" hängt also vollständig vom metaphysischen Standpunkt des Beurteilers ab, und zwar bezüglich aller biologischen Leistungen, auch der Regelvorgänge; was zu beweisen war.

Eine ganz andere Komplikation kommt in unser Problem dann, wenn kybernetische Prinzipien auf das Individuum Mensch als Element einer Super-Kybernetik angewandt, also gesellschaftliche oder psychologische Vorgänge kybernetisch betrachtet werden. Eine solche Betrachtungsweise ist sicherlich allein schon dadurch fruchtbar, daß Rückwirkungen, die wir in der hermeneutischen Analyse menschlichen Verhaltens vorfinden , auf ihre gesellschaftlichen Konsequenzen hin geprüft werden. Man darf aber auch hierbei nicht vergessen, was eine solche kybernetische Betrachtung eigentlich meint: sie entschleiert ein Prinzip des Zwanges im Verhalten des Menschen, welches durch eine Rückkopplung zwischen Mensch und Umwelt gebildet wird. Es wird der Raum "Determination", also der Voraussagbarkeit menschlichen Verhaltens, umschrieben und auf seine formalen Wirkungsgefüge hin untersucht. Solche Untersuchungen sind jedoch enorm kompliziert, und zwar aus folgendem Grund. Es scheint zunächst einfach ,

sich kybernetische Modelle sozialer oder psychologischer Prozesse zu erdenken. Man kann z.B. die Hypothese aufstellen, daß der Erfolg einen Menschen aktiviert, diese Aktivation seine Leistungen verbessert und dies den Erfolg weiter steigert. Es ist aber schwer, dies Modell als wirksam nachzuweisen. Entweder interpretiert das Modell eine in der Selbstbeobachtung evidente Tatsache und dann ist es banal, oder es bezieht sich auf das Verhalten von Menschengruppen und bedürfte des statistischen Beweises. Solch ein Beweis setzt nicht nur die allgemein gültige Definition aller Begriffe voraus (was ist z.B. "Erfolg"?), sondern auch eine zahlenmäßige Zuordnung der Phänomene, die meist recht schwierig ist, und nur durch die soziologische Analyse großer Zahlen von Individuen gewonnen werden kann. So sind die meisten soziologischen und psychologischen Ergebnisse der Kybernetik vorwiegend unverbindliche Modellvorstellungen, worin sie übrigens vielen kybernetischen Ergebnissen auch der Biologie gleichen. Hat man Rückkopplungen freilich einmal nachgewiesen, so ist die soziologische und politische Bedeutung evident. Denn es wird ja nun offenbar, welche Faktoren man manipulieren muß, um menschliches Verhalten zu beeinflussen. Auch wird man ermitteln können, welche Informationen dem Individuum zufließen müssen, um sein Verhalten nur durch diese Information (durch "Einsicht") zu ändern, ein Prozeß, der einen wesentlichen Teil jeder Erziehung ausmacht. In der Beherrschung der Massen ist solche Manipulierung aber oft auch banal und dem Menschenkenner längst bekannt, gewinnt aber wohl mehr an Bedeutung, je komplizierter der Aufbau der Gesellschaft wird. Moderne Werbepsychologie und Massenpsychologie legt davon Zeugnis ab. Übrigens wird durch die Anwendung kybernetischer Prinzipien in der Menschenführung die "Freiheit" des Menschen nicht aufgehoben, sondern nur in eine andere Ebene der Überlegung verlagert. Es kann dabei sein, daß sich die Sollbilder menschlichen Handelns ändern und im Interesse der Gesellschaft oder des Individuums umgeformt werden. Der Mensch "richtet" sich nach anderen Idealvorstellungen.

Auch bei solchen Ergebnissen bleiben die Mechanismen, welche der Rückkopplung zugrundeliegen, dunkel, solange sie nicht physiologisch oder psychologisch erforscht werden. Doch stellt die Kybernetik das Problem klar, dessen Lösung dann immer noch des Einsatzes konventioneller Methoden bedarf. Das ist aber völlig analog der technischen Kybernetik, welche ja ebenfalls der Maschinen und ihrer Erforschung oder Konstruktion bedarf, um ein kybernetisches Prinzip tatsächlich zu realisieren. Nur wird die Forschung in den neuen Weg einer solchen Realisierung hineingeleitet.

Dem Naturphilosophen fällt auf, wie viele Verwandtschaften diese Probleme der Kybernetik mit den Problemen der Teleologie haben, von der Kant bekanntlich

sagte, daß sie nur ein heuristisches Prinzip wäre. Diese Verwandtschaft liegt daran, daß Kybernetik ursprünglich ein technisches Prinzip ist, es also ganz und gar mit der Realisierung von Zwecken zu tun hat.

Schrifttumsverzeichnis

Jores, A.	Der Mensch und seine Krankheit. Stuttgart 1956
Kütemeyer, W.	Persönliche Mitteilung
Plügge, H.	Psyche 4 (1950) 321
Schaefer, H.	Beih. Regelungstechnik: Regelungsvorgänge in der Biologie. München 1956
Weizsäcker, V.v.	Körpergeschehen und Neurose. Stuttgart 1947
Wieser, W.	Organismen, Strukturen, Maschinen. Fsicher-Bücherei, Frankfurt 1959, S. 39

Eingegangen am 27. Februar 1965

KYBERNETISCHE VERANSTALTUNGEN

Kybernetik - Tagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Kybernetik (DAGK) vom 31. 8. - 3. 9. 1965 in Kiel. Konferenzsprachen: Deutsch und Englisch. Wissenschaftliche Tagungsleitung: Prof. Dr. Kroebel, Universität Kiel.

Viertes deutsches Symposion über Lehrmaschinen (bisher "Nürtinger Symposion"), veranstaltet von der Arbeitsgemeinschaft Programmierte Instruktion in Düsseldorf vom 9. - 13. März 1966. Folgende Themenkreise sind vorgesehen: 1. Theorie der Lehralgorithmen und Lehrautomaten, 2. Technologie und Einsatz von Lehrmaschinen, 3. Erfahrungen mit Lehrprogrammtexten, 4. Neue empirische Ergebnisse oder mathematische Modelle der Lernpsychologie, 5. Mathematisch-statistische Methoden der Beurteilung von Lehrprogrammen, 6. Die Lehrobjektivation als Problem der vergleichenden Erziehungswissenschaft, des innerbetrieblichen Ausbildungswesens, der Bildungsökonomie, der Schulorganisation und der Schulbauplanung. - Vortragsanmeldungen mit vorläufiger Themenformulierung können bis Ende Juli, endgültige Anmeldungen mit Vortragskurzfassung bis 20. 10. 1965 an die wissenschaftliche Tagungsleitung (Prof. Dr. Helmar Frank, Institut für Kybernetik, 1 Berlin 46, Malteserstr. 74-100) eingereicht werden. Konferenzsprache: Deutsch.

18. Internationaler Kongreß für Psychologie im August 1966 in Moskau.

4. Internationaler Kongreß für kybernetische Medizin vom 19. - 22. September 1966 in Nizza. Folgende Themenkreise sind vorgesehen: 1. Steuerungs- und Regelungsvorrichtungen beim Lernen: Lernstudien in Maschinen, neurophysiologische Grundlagen des Lernens, Mensch-Maschine-Systeme unter dem Gesichtspunkt des Lernens. 2. Medizinische Anwendung der automatischen Nachrichtenverarbeitung: Dokumentation, Simulation, Automation im klinischen Betrieb. Kongreßsprachen: Französisch, Englisch, evtl. Deutsch, Wissenschaftliche Tagungsleitung: Dr. Barbizet, 17 Bd. Delessert, Paris XVI.

Neurokybernetik-Kongreß, Rostow (Don), UdSSR, vom 30. 9.-8. 10. 1966.

Richtlinien für die Manuskriptabfassung.

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.
Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen und wenn möglich, zur Vermeidung von Druckfehlern, das Manuskript in Proportionalschrift mit Randausgleich als fertige Photodruckvorlage einzusenden.
Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden). Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Nachdruck, auch auszugsweise oder Verwertung der Artikel in jeglicher, auch abgeänderter Form ist nur mit Angabe des Autors, der Zeitschrift und des Verlages gestattet. Wiedergaberechte vergibt der Verlag.

Forme des manuscrits.

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.
En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne peuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand et si possible, pour éviter des fautes d'impression, de fournir le manuscript comme original de l'impression phototechnique, c'est-à-dire tapé avec une machine aux caractères standard et avec marges étroites.
La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doit être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la révue, le tome, les pages (p.ex. p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; le titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complété par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.

La citation dans cette revue des noms enregistrés des marchandises etc., même sans marque distinctive, ne signifie pas, que ces noms soient libres au sens du droit commercial et donc utilisables par tout le monde.

La reproduction des articles ou des passages de ceux-ci ou leur utilisation même après modification est autorisée seulement si l'on cite l'auteur, la revue et l'éditeur. Droits de reproduction réservés à l'éditeur.

Form of Manuscript.

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.
Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed.
If manuscripts are not written in German, a German summary is requested. If possible these manuscripts should be written as original for phototechnical printing, i. e. typed with proportional types and with straight-line margin.
Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.

The utilization of trade marks etc. in this periodical does not mean, even if there is no indication, that these names are free and that their use is allowed to everybody.

Reprint of articles or parts of articles is allowed only if author, periodical and publisher are cited. Copyright: Verlag Schnelle, Quickborn in Holstein (Germany).